



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
FACC – Faculdade de Administração e Ciências Contábeis
Departamento de Administração

KATARINE CRISTINA PINNA DE JESUZ

Análise comparativa do uso de materiais e tecnologias
convencionais e não-convencionais para a construção do Campus de
Invexologia em Foz do Iguaçu/PR

Rio de Janeiro
2010

KATARINE CRISTINA PINNA DE JESUZ

Análise comparativa do uso de materiais e tecnologias
convencionais e não-convencionais para a construção do Campus de
Invexologia em Foz do Iguaçu/PR

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade do Federal do
Rio de Janeiro - UFRJ, como requisito para
a Graduação em Administração.

Orientador: Prof. Dr. Pierre Ohayon

Rio de Janeiro
2010

KATARINE CRISTINA PINNA DE JESUZ

Análise comparativa do uso de materiais e tecnologias convencionais e não-convencionais para a construção do Campus de Invexologia em Foz do Iguaçu/PR

Monografia apresentada à Universidade do Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como requisito para a Graduação em Administração, submetida à aprovação da banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Pierre Ohayon

Prof. Henrique Westenberger

Rio de Janeiro, 14 de dezembro de 2010.

Agradecimentos

Agradeço aos meus queridos pais Tereza Cristina Pinna de Jesuz e Julio Cesar de Jesuz pela dedicação, amor, assistência, direcionamento, educação e apoio todos esses anos de minha existência.

Agradeço aos meus irmãos Karyne Cristina Pinna de Jesuz, Julio Cesar de Jesuz e Karyta Aline Pinna de Jesuz pelo aprendizado, exemplo e paciência em todos esses anos de convivência.

Agradeço à minha avó Luiza Maria Monteiro de Jesuz pelos momentos sublimes de energia, inspiração, sabedoria e pacificação que me mostraram a essência da vida e além da vida.

Agradeço ao meu Orientador Prof. Dr. Pierre Ohayon pelo direcionamento, esclarecimento apoio e aprendizado ao longo dos projetos que desenvolvemos juntos, onde pude descobrir meus potenciais para atuar na área de pesquisa e desenvolver minha intelectualidade.

Agradeço ao meu querido amigo intermissivista Genecy Monte Junior por me ajudar a compreender que o mais importante na vida é o amor e os momentos que relembramos juntos nossa para procedência do curso intermissivo, grande inspiração para este trabalho.

Agradeço a todos os amigos intermissivistas da Assinvéxis pela assistência, acolhimento e por me esclarecerem todos os dias sobre a importância da grupalidade.

Agradeço ao meu amparador e à equipe extrafísica atuante em todos os momentos no qual me disponibilizei para participar dos campos assistenciais mentaissomáticos que contribuíram para a materialização deste trabalho.

Minha gratidão é imensa por todos vocês...

*“Supere o espaço e tudo o que nos sobra é o Aqui.
Supere o tempo e tudo o que nos resta é o Agora.
E entre o Aqui e o Agora, você não acha que
a gente pode se ver de vez em quando?”*

*Trecho extraído do Livro “Fernão Capelo Gaivota”.
Richard Bach, 1970*

Resumo

O setor da construção civil é apontado como um dos causadores de maior impacto ambiental. Para fins de planejamento e gestão de projetos sustentáveis, dentre os principais instrumentos que vêm contribuindo sobremaneira para valorizar a prática de redução do impacto ambiental neste setor situam-se os Métodos de Avaliação de Edifícios no Brasil e exterior. Diversos empreendimentos têm buscado atender aos critérios propostos por estes Métodos e a construção de Campus sustentável tem se tornado uma boa prática ao redor do mundo. Um projeto de ponta começa a ser desenvolvido em Foz do Iguaçu-PR para a construção do Campus de Invexologia, empreendimento este, foco do estudo. Uma vez que o projeto arquitetônico do Campus encontra-se em fase de planejamento, a especificação de materiais é um ponto fundamental para garantir, em parte, a sustentabilidade da edificação. O presente estudo tem como objetivo geral efetuar uma análise comparativa do uso de materiais e tecnologias convencionais e não-convencionais para a construção do Campus de Invexologia em Foz do Iguaçu-PR, trazendo subsídios à equipe local do projeto para a efetiva gestão e construção de um empreendimento sustentável.

Palavras-chave: Materiais; tecnologias não convencionais; campus; Invexologia; Processo AQUA.

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Foto do ante-projeto do Campus de Invexologia | 18 |
| Figura 2 - Foto aérea do Campus de Invexologia ao lado do condomínio Vila Conscientia | 19 |
| Figura 3 - Inauguração do Campus de Invexologia em julho de 2008 | 19 |
| Figura 4 - Inauguração do Campus de Invexologia em julho de 2008 | 20 |
| Figura 5 - Planta baixa do Campus de Invexologia | 21 |
| Figura 6 - Guadua angustifolia | 30 |
| Figura 7 - Muro construído com BTC | 32 |
| Figura 8 - Paletização de BTCs | 32 |
| Figura 9 - Estrutura metálica | 34 |
| Figura 10 - Edifício São Luís Gonzaga, de Edison Musa, em São Paulo | 35 |
| Figura 11 - Showroom EcoCasa | 37 |
| Figura 12 - Casa da Autora. Cobertura com Telha Leve | 38 |
| Figura 13 - Sistema fotovoltaico | 38 |
| Figura 14 - Casa com Módulo Solar Fotovoltáico | 39 |
| Figura 15 – Cascaje (ambiente interno e externo) | 40 |
| Figura 16 - Banco da área externa feito de Superadobe | 40 |
| Figura 17 - Foto de um Solardome | 41 |
| Figura 18 - Sistema de aproveitamento de água da chuva | 42 |
| Figura 19 - Casa com teto verde | 43 |
| Figura 20 - Sistema de tratamento de esgoto Mizumo | 44 |

Lista de Quadros

| | |
|---|----|
| Quadro 1 - 14 objetivos do Processo AQUA | 24 |
| Quadro 2 - Família, categoria e subcategoria do Processo AQUA | 24 |
| Quadro 3 - Seleção de materiais - categoria Sub-2.3 | 25 |
| Quadro 4 - Seleção de Materiais - categoria Sub-2.4 | 25 |

Sumário

| | |
|--|-----------|
| Capítulo 1. Introdução | 11 |
| 1.1 Contextualização do tema e objetivos do estudo | 13 |
| 1.2 Metodologia | 14 |
| Capítulo 2. O desenvolvimento sustentável e a construção civil | 15 |
| Capítulo 3. O projeto arquitetônico do Campus de Invexologia - Foz do Iguaçu/PR | 17 |
| Capítulo 4. O Processo AQUA | 23 |
| 4.1 Categoria Sub-Processo AQUA 2.3: seleção de materiais de construção | 24 |
| 4.2 Categoria Sub-Processo AQUA 2.4: seleção de materiais de construção | 25 |
| Capítulo 5. Análise comparativa do uso de materiais e tecnologias convencionais e não-convencionais | 27 |
| 5.1 Materiais orgânicos | 28 |
| 5.2 Materiais cerâmicos | 31 |
| 5.3 Materiais metálicos | 33 |
| 5.4 Materiais de acabamento | 34 |
| 5.4.1 Vidro Low-e | 34 |
| 5.4.2 Drywall | 35 |
| 5.4.3 Tinta mineral natural ou ecológica a base de terra crua | 36 |
| 5.4.4 Telha ecológica | 37 |
| 5.5 Tecnologias não-convencionais | 38 |
| 5.5.1 Energia fotovoltaica | 38 |
| 5.5.2 Cascaje | 39 |
| 5.5.3 Superadobe | 40 |

| | |
|--|-----------|
| 5.5.4 Solardome | 41 |
| 5.5.5 Aproveitamento de água da chuva | 42 |
| 5.5.6 Teto verde | 43 |
| 5.5.7 Tratamento biológico de esgoto | 44 |
| Capítulo 6. Síntese, conclusões e recomendações | 45 |
| Referências bibliográficas | 46 |
| Bibliografia complementar | 47 |

Capítulo 1. Introdução

À luz do desenvolvimento sustentável, as questões ambientais têm se tornado cada vez mais preocupantes e o setor da construção civil é apontado como um dos causadores de maior impacto ambiental. Isso se justifica pelos recursos que extrai da natureza, pelos rejeitos poluentes que gera, pela queima de combustíveis fósseis e pelo desmatamento que provoca, dentre outros fatores.

Frente à atual crise energética, ao aquecimento global e às tensões socioambientais, a utilização de materiais e tecnologias não-convencionais na construção civil passa a ser um grande aliado na busca de caminhos para atenuar ou até mesmo resolver estas questões emergenciais que envolvem a vida de todos os seres do planeta.

Nos últimos anos, diversos Métodos de Avaliação Ambiental de Edifícios têm sido desenvolvidos e colocados em prática em todo o mundo. Os mesmos trouxeram importantes contribuições notavelmente para a elaboração de diretrizes visando a melhoria de práticas que minimizem os impactos ambientais causados pela edificação em todo o seu ciclo de vida.

No Brasil, um dos Métodos de avaliação ambiental de edifícios com grandes perspectivas de crescimento é o Processo AQUA (Alta Qualidade Ambiental). A Alta Qualidade Ambiental (AQUA) é definida como sendo um processo de gestão de projeto visando obter a qualidade ambiental de um empreendimento novo ou envolvendo uma Reabilitação (FCAV, 2010).

Diversos empreendimentos estão sendo construídos buscando atender os critérios propostos pelos Métodos de Avaliação Ambiental de Edifícios com o principal objetivo de garantir a sustentabilidade do edifício. Dentre esses empreendimentos, o de Campus sustentável tem se diferenciado substancialmente daqueles convencionais, tendência essa que vem crescendo em nível mundial.

Desde 2004, um projeto de ponta começa a ser desenvolvido em Foz do Iguaçu-PR para a construção do Campus de Inxexologia, empreendimento este, foco do estudo. A construção do Campus é um projeto que está sendo desenvolvido pela Assinvéxis – Associação Internacional de Inversão existencial, para qualificação do ensino e da pesquisa da Inversão Existencial.

Uma vez que o projeto arquitetônico do Campus encontra-se ainda em fase de planejamento, a etapa da especificação de materiais é um ponto fundamental para garantir, em parte, a sustentabilidade da edificação.

O presente estudo tem como objetivo geral efetuar uma análise comparativa do uso de materiais e tecnologias convencionais e não-convencionais para a construção do Campus de Invexologia em Foz do Iguaçu-PR.

Para tal, são utilizados alguns critérios do Referencial Técnico – Processo Aqua (Ed. Escolares), no que diz respeito à correta seleção de materiais. O objetivo não é em si certificar o empreendimento através do Processo AQUA, mas sim utilizar as diretrizes propostas pelo Referencial Técnico para a seleção de materiais de baixo impacto ambiental ou não-convencionais, bem como novas tecnologias, uma vez que esse Método visa apoiar a abordagem da sustentabilidade na arquitetura.

A estrutura da monografia foi dividida em seis capítulos. O primeiro aponta o objetivo e a metodologia adotada neste estudo. A seguir a questão do Desenvolvimento Sustentável e a sua relação com a Construção Civil é salientada. O capítulo 3 descreve o Projeto Arquitetônico do Campus de Invexologia e traça um breve histórico do Campus. O Capítulo 4 apresenta o Referencial Técnico – Processo AQUA (Edifícios escolares). Uma análise comparativa do uso de materiais e tecnologias convencionais e não-convencionais é tratada no Capítulo 5. Finalmente, o Capítulo 6 apresenta uma síntese do trabalho com as respectivas conclusões e recomendações para outros estudos.

1.1 Contextualização do tema e objetivos do estudo

A construção do Campus de Invexologia é um projeto que está sendo desenvolvido pela Assinvéxis – Associação Internacional de Inversão existencial, para qualificação do ensino e da pesquisa da Inversão Existencial em Foz do Iguaçu-PR. O projeto arquitetônico do campus encontra-se atualmente em fase de planejamento.

A Assinvéxis, patrocinadora do projeto, é uma Instituição sem fins lucrativos e o Campus de Invexologia é o seu primeiro mega-empreendimento.

A presente pesquisa tem como objetivo geral efetuar uma análise comparativa do uso de materiais e tecnologias convencionais e não-convencionais para a construção do Campus de Invexologia em Foz do Iguaçu-PR.

Os objetivos específicos buscam atender os seguintes questionamentos:

- Que materiais e tecnologias não-convencionais podem ser especificados para a Construção do Campus de Invexologia?
- Quais são as vantagens e desvantagens da utilização de materiais e tecnologias não-convencionais em relação à substituição de materiais e tecnologias convencionais para a Construção do Campus?
- Quais são as principais características do Projeto arquitetônico do Campus de Invexologia? Quais são as edificações que serão construídas?
- Quais são os critérios adotados pelo Processo AQUA e como estes podem ser utilizados para facilitar a seleção dos materiais?
- Que materiais e tecnologias podem ser especificados para atender às necessidades do projeto?

1.2 Metodologia

Este estudo tem um caráter *exploratório* uma vez que visa familiarizar-se com o fenômeno em estudo (diretrizes estabelecidas no âmbito do Processo AQUA de avaliação ambiental de edifícios) ou obter compreensão sobre ele. O caráter exploratório é relevante, pois embora estudos no campo da metodologia de avaliação ambiental sejam numerosos, entretanto, há ainda no Brasil poucas pesquisas que abordem o tema aplicado à construção de edifícios sustentáveis (VERGARA, 2000). Através de uma análise documental e com base na literatura especializada, é examinado o estado atual do Projeto arquitetônico do Campus de Invexologia, abordando seus principais objetivos e o Referencial Técnico - Processo AQUA (Alta Qualidade Ambiental) – Edifícios escolares.

Para o estado atual do projeto arquitetônico do Campus, são consultados documentos junto à equipe do projeto atuante em Foz do Iguaçu-PR.

Primeiramente são descritas as principais edificações do Campus, bem como seu entorno. Segundo, através de levantamento bibliográfico e pesquisa de mercado, são especificados materiais e tecnologias não-convencionais para a construção de cada uma das edificações do Campus, buscando atender aos critérios exigidos pelo Processo AQUA no que diz respeito à correta seleção de materiais. Uma análise comparativa entre materiais e tecnologias convencionais e não-convencionais é apresentada, bem como as vantagens da utilização de cada um na construção. Por último, são identificados e sugeridos os materiais e tecnologias mais adequados para a construção das edificações do Campus.

Capítulo 2. O Desenvolvimento sustentável e a construção civil

Em 1987, a World Commission on Environment and Development – WCED ou Comissão de Brundtland, definiu pela primeira vez o desenvolvimento sustentável como sendo “*o desenvolvimento que satisfaz as necessidades da geração atual sem comprometer a possibilidade das gerações futuras satisfazerem suas próprias necessidades*” (BRUNDTLAND, 1987 *apud* FOSSAT *et al.*, 2005).

Anos depois, em 1992, ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92), na cidade do Rio de Janeiro. Durante o evento que foi de importância significativa a nível global pela presença de representantes de 175 países, foi aprovada a Agenda 21-CPDS (Comissão de políticas de desenvolvimento sustentável), onde os países participantes assumiram o compromisso e o desafio de internalizar, em suas políticas públicas, as noções de sustentabilidade (AGENDA 21 Brasileira).

A construção sustentável é uma tendência crescente e para alguns especialistas até irreversível (GUTIERRES, 2010). Pode ser definida como aquela que considera a economia e eficiência de recursos, o ciclo de vida do empreendimento e o bem estar do usuário, reduzindo, significativamente, ou até eliminando possíveis impactos negativos causados ao meio ambiente e a seus usuários (ECOPLANO, 2010).

MENDLER *et al.* (2005) afirmam que:

“é necessário que se haja uma maior base de dados com informações que auxiliem nas decisões para um projeto sustentável, de forma a se entender mais profundamente os impactos que os edifícios que estão sendo projetados geram ao meio ambiente, para que se possa perceber onde estão as oportunidades de desenvolvimento nesse sentido”.

A partir do desafio lançado ao mundo na década de 90, para o Desenvolvimento Sustentável, o setor da construção civil começou a lançar uma série de iniciativas no sentido de melhorar o desempenho geral neste setor (ZAMBRANO, 2008).

Com vista a atender esta necessidade na busca por soluções mais sustentáveis nos últimos anos, diversos Métodos de Avaliação Ambiental de Edifícios têm sido desenvolvidos e colocados em prática em todo o mundo. Os mesmos trouxeram

importantes contribuições notavelmente para a elaboração de diretrizes visando a melhoria de práticas que minimizem os impactos ambientais causados pela edificação em todo o seu ciclo de vida. Alguns métodos de avaliação ambiental com destaque no cenário mundial são: (i) LEED (Leadership in Energy and Environmental Design); (ii) CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency); (iii) BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method); (iv) HQE (Haute Qualité Environnementale); (v) Green Star; e (vi) AQUA (Alta Qualidade Ambiental).

Um dos pontos fundamentais abordados por estes métodos diz respeito aos requisitos a serem atendidos para a correta seleção de materiais a serem utilizados na construção civil, ecológica e sustentável.

No contexto brasileiro, dentre os seis métodos apontados, dois têm grandes perspectivas de crescimento: o Processo AQUA e a Certificação LEED.

Neste estudo, são examinados os critérios do Processo AQUA referentes apenas à categoria nº 2 “Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos”. A partir disso, são especificados materiais e tecnologias não-convencionais para atendê-los, bem como uma análise comparativa, apresentando vantagens e desvantagens da utilização dos mesmos.

No mercado são oferecidas diversas alternativas para a escolha dos materiais, tecnologias e sistemas construtivos. Porém, para uma construção sustentável, é fundamental que o arquiteto especifique materiais de baixo impacto ambiental e tecnologias que reduzam o consumo de água, energia, dentre outros.

O próximo capítulo descreve o projeto arquitetônico do Campus de Invexologia, para que posteriormente sejam especificados alguns materiais e tecnologias não-convencionais como sugestão para a construção do Campus de modo sustentável.

Capítulo 3. O Projeto arquitetônico do Campus de Invexologia – Foz do Iguaçu/PR

Nos últimos anos, a cidade de Foz do Iguaçu-PR cada vez mais tem se tornado um pólo atrativo para diversos pesquisadores do Brasil e do mundo que tem interesse em pesquisar e difundir a Ciência Conscienciologia.

Hoje, devido ao aumento de pesquisadores em Foz, a Comunidade Conscienciológica Cosmoética Internacional (CCCI) está se expandindo e novas edificações estão sendo construídas tais como espaços institucionais, Instituições Conscienciocêntricas (ICs), residências, bibliotecas, dentre outros.

A Assinvéxis é uma Instituição Conscienciocêntrica (IC) lançada em 22 de Julho de 2004 em Foz do Iguaçu-PR. Centrada no estudo da consciência (Conscienciologia), com fins científicos, educacionais e culturais, sem fins de lucro, independente, a Assinvéxis visa promover, divulgar e debater sobre a técnica da Inversão Existencial. Desse modo, realiza todo ano Congressos, Cursos, Simpósios, Seminários mantendo o intercâmbio técnico, científico e cultural com outros pesquisadores e Instituições que estudem a Inversão Existencial.

A técnica da Inversão Existencial é uma técnica evolutiva proposta pelo Prof. Waldo Vieira. Ao fazer a opção pela técnica da invéxis, a consciência inversora apóia-se na dedicação em tempo integral, prioritário, à execução do programa da vida intrafísica pessoal, desde a puberdade, ou no máximo, antes da maturidade biológica, 26 anos de idade, ainda descomprometida com interesses humanos irreversíveis e disposta à reciclagem intraconsciencial (VIEIRA, 1994).

De acordo com a definição acima, a faixa etária de maior abrangência no que se refere aos aplicadores da técnica são jovens, entre 15 e 26 anos, dispostos a otimizarem sua evolução neste planeta. Muitos destes jovens são voluntários da Instituição, se comprometendo com funções administrativas, financeira, técnico-científica, dentre outras, contribuindo para a expansão da Instituição a nível nacional e internacional.

Dessa forma, um dos Projetos mais importantes hoje da Assinvéxis é a construção do Campus de Invexologia em Foz do Iguaçu-PR, que objetiva dar suporte aos interessados na pesquisa da Invéxis (Inversão Existencial), potencializar as atividades de ensino, pesquisa, além de reunir praticantes desta técnica.

Além disso, segundo Pavan (2004), o Campus de Invexologia tem os seguintes objetivos: ser centro de apoio técnico e atendimento especializado aos inversores

existenciais; atualizar e aprofundar a Invexologia, na condição de especialidade da Conscienciologia; oferecer recursos para ampliar a visão de conjunto sobre a técnica da inversão existencial; promover o discernimento do inversor a partir das possibilidades que o Campus oferece; propiciar o debate amplo entre jovens inversores; favorecer a rememoração do curso intermissivo, dentre outros.

O anteprojeto arquitetônico (Figura 1) apresentado na III Semana da Invéxis (julho de 2005) foi a primeira proposta de Campus invexológico já feita por um grupo de inversores existenciais. Durante este evento, foram debatidos objetivos, atividades, público-alvo, características e estruturas necessárias para seu funcionamento.



Figura 1 - Foto do anteprojeto do Campus de Invexologia

Fonte: www.assinvexis.org

Em maio de 2007, a AIEC - Associação Internacional para Expansão da Conscienciologia e a Assinvéxis firmaram uma parceria de trabalho associando as vendas dos terrenos no Villa Conscientia à compra do terreno do 1º Campus de Invexologia. Desde então, com o apoio e participação do IIPC – Instituto Internacional de Projeciologia e Conscienciologia realizaram-se itinerâncias aos seus Centros Educacionais de Autopesquisa para venda dos lotes residenciais.

Em fevereiro de 2008, a Assinvéxis efetiva a aquisição do terreno (Figura 2), localizado ao lado do terreno do Villa Conscientia, dentro da Cognópolis - Foz do Iguaçu.



Figura 2 - Foto aérea do Campus de Invexologia ao lado do condomínio Vila Conscientia

Fonte: www.assinvexis.org

No dia 16 de Julho de 2008, durante o Cinvéxis - Congresso Internacional de Inversão Existencial foi lançado em Foz do Iguaçu-PR, o primeiro campus dedicado ao estudo da Invexologia no planeta reunindo jovens aplicantes da técnica de diversas partes do Brasil e do mundo. Segue abaixo (Figuras 3 e 4) imagens desse evento que foi um marco na história da Assinvéxis.



Figura 3 - Inauguração do Campus de Invexologia em julho de 2008

Fonte: site www.assivexis.org



Figura 4 - Inauguração do Campus de Invexologia em julho de 2008
 Fonte: site www.assivexis.org

Desde a inauguração do Campus até o presente momento, a Assinvéxis tem captado recursos para a construção das edificações do Campus.

Atualmente, uma equipe formada por voluntários que fazem parte da Coordenação do Campus de Invexologia, está realizando o planejamento do projeto, bem como o projeto arquitetônico. Além disso, a coordenação é responsável por toda e quaisquer atividades envolvendo a constituição do Campus; a consecução do planejamento estratégico, financeiro e orçamentário que viabilizarão a construção; a implantação, coordenação da construção das edificações, manutenção, segurança e área ambiental conforme Artigo 22º do seu Estatuto social (ASSINVÉXIS, 2006).

Em um primeiro momento, o anteprojeto do Campus foi proposto pelo Arquiteto e Urbanista, Eduardo Pavan em 2004.

Na Figura 5 abaixo, são apresentados os espaços (edificações) que foram propostos pelo autor para a Construção do Campus:

1. Saguão/Eventos
2. Invexoteca – Biblioteca com acervo especializado em temas relacionados à invéxis.
3. Sede Institucional – Sede da ASSINVÉXIS.
4. Convívio/Agora.
5. Laboratórios - Locais otimizados com foco na auto-pesquisa do pesquisador
6. Moradias do Campus - residências, destinadas ao uso por parte dos voluntários da instituição.
7. Estacionamentos.

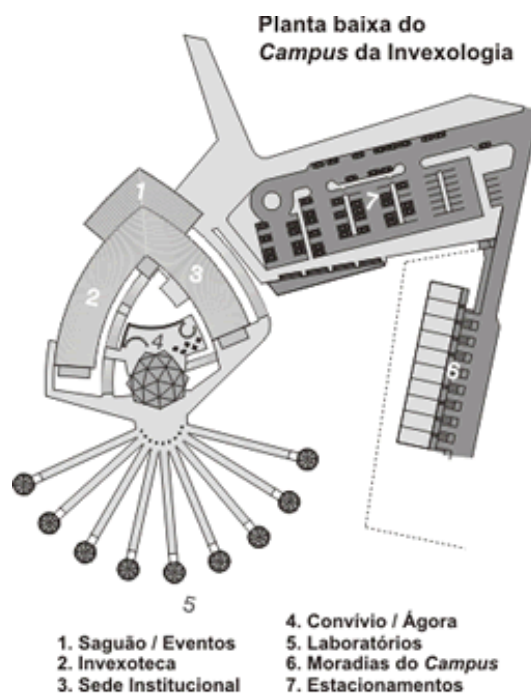


Figura 5 - Planta baixa do Campus de Invexologia

Fonte: www.assivexis.org

Uma das características do anteprojeto segundo Pavan (2004) diz respeito à “utilização de técnicas construtivas convencionais para a implantação de seus edifícios, que serão projetados possibilitando a construção em etapas, conforme o ritmo de crescimento das atividades a que se destinam”.

A partir da consulta em documentos relacionados ao projeto e a partir da afirmação acima, o autor não menciona a construção do Campus de Invexologia dentro dos moldes da sustentabilidade, nas características do anteprojeto.

Uma vez que a Coordenação do Campus propôs que os trabalhos para continuação do projeto estejam direcionados ao aprimoramento das ideias, pesquisa de técnicas inteligentes, ecológicas e econômicas a serem aplicadas nas construções, este estudo tem por objetivo, contribuir com idéias para a Construção sustentável do Campus de Invexologia, especificando materiais e tecnologias não-convencionais.

A nova Coordenação do Campus está realizando diversas modificações no anteprojeto, que não serão exploradas neste trabalho, uma vez que o novo projeto ainda está sendo definido.

A Assinvéxis propõe algumas premissas básicas para o desenvolvimento de seus projetos arquitetônicos: a construção em etapas, visando um planejamento estratégico

inteligente para sua completa execução, além de uma arquitetura arrojada, alegre e que promova a convivialidade sadia dos inversores.

Uma vez que o projeto arquitetônico do Campus encontra-se em fase de planejamento, a fase de especificação de materiais é um ponto fundamental para garantir, em parte, a sustentabilidade da edificação.

A construção do Campus de Invexologia nos moldes da Arquitetura sustentável vem ao encontro das ideias da Invéxis, uma vez que os jovens inversores, desde cedo devem conscientizar-se de seu papel transformador, buscando caminhos para um mundo mais igualitário, humano e sustentável, pautados na Cosmoética.

Como uma possível resposta às demandas mencionadas acima não só pelo âmbito da conscientização, mas também de viabilização, uma vez que, sendo as ICs intuições sem fins lucrativos, é importante a seleção de projetos mais viáveis economicamente.

No próximo capítulo características do Processo AQUA são apresentadas, de modo a servirem como diretrizes para a especificação dos materiais e tecnologias adequados. O Referencial Técnico - Edifícios escolares foi escolhido devido ao perfil do projeto da Construção de um Campus onde as principais edificações são voltadas ao ensino e pesquisa. É importante ressaltar que este estudo tem por objetivo apenas sugerir soluções de Arquitetura sustentável para o Campus. Além disso, dentre os referenciais técnicos analisados com relações a outros métodos de avaliação ambiental de edifícios, o Processo AQUA foi o método que mais se enquadrou no perfil do projeto, pois o Referencial Técnico já está adaptado à realidade brasileira.

Capítulo 4. O Processo AQUA

O Processo AQUA é uma das certificações que mais tem crescido e se destacado no Brasil para construções sustentáveis. Foi desenvolvido pela Fundação Carlos Alberto Vanzolini (FCAV), que assinou em 2007 um contrato de cooperação com instituições francesas CSTB - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / França e Certivéa, França, a fim de adaptar para o contexto brasileiro, o Referencial Técnico – Démarche HQE e realizar a certificação correspondente para a construção sustentável (FCAV, 2010).

Como um projeto de gestão de processos, o Processo AQUA tem dois conjuntos de requisitos que devem ser preenchidos: o SGE - Sistema de Gestão Empresarial e a QAE - Qualidade Ambiental do Edifício. O Sistema de Gestão Empresarial (SGE), diz respeito à avaliação do sistema de gestão ambiental pelo empreendedor do projeto, exigindo o controle do projeto completo, desde o programa principal, até a entrega da construção, a fim de satisfazer os critérios de desempenho relacionados com as 14 categorias do edifício da qualidade ambiental. A Qualidade Ambiental do Edifício (QAE), diz respeito à arquitetura e avaliação do desempenho técnico da construção, com base em critérios e indicadores, viabilizando soluções flexíveis e adaptadas à região e ao programa de necessidades para a construção. O QAE contém requisitos de desempenho como níveis, Bom, Superior ou Excelente. Os requisitos integram-se em 14 objetivos, devendo ser atingido um perfil com pelo menos 3 excelentes, 4 superiores e 7 Bons para fazer jus à certificação.

Os 14 objetivos do Processo AQUA pertencem a 4 famílias: Eco-construção, Eco-gestão, Conforto e Saúde. Estas são desmembradas em subcategorias, que se desmembram em preocupações e o desempenho destas últimas é determinado em função dos critérios de avaliação. O Quadro 1 abaixo apresenta os 14 objetivos propostos pelo Processo AQUA.

As 14 categorias são agrupadas em subcategorias, cada uma incluindo determinados critérios de avaliação.

Este estudo considera, mais especificamente, o Referencial Técnico de Certificação do Processo AQUA - Escritórios - edifícios escolares. O processo AQUA traz a seguinte lógica: "Família" que abrange "Categorias", cada uma incluindo "Subcategorias" com seus próprios critérios de avaliação, tal como apresentado adiante no Quadro 2.

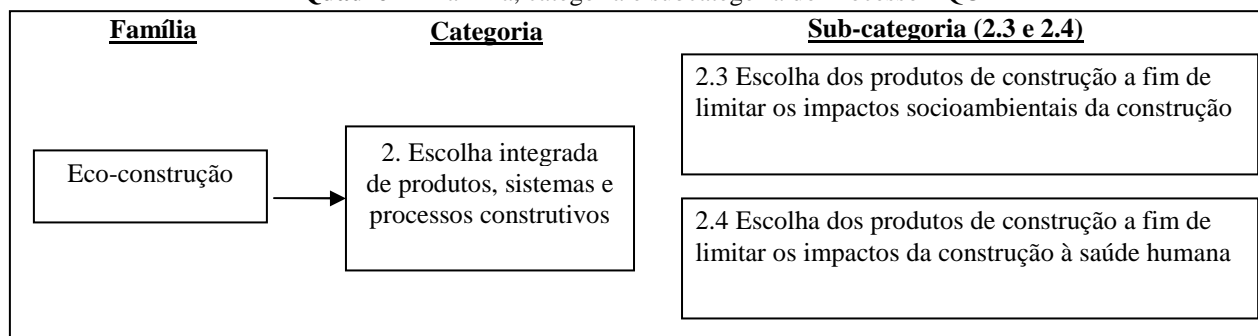
Quadro 1 - 14 objetivos do Processo AQUA

| GERENCIAR OS IMPACTOS SOBRE O AMBIENTE EXTERIOR | CRIAR UM ESPAÇO INTERIOR SADIO E CONFORTÁVEL |
|---|--|
| ECO-CONSTRUÇÃO | CONFORTO |
| 1. Relação do edifício com o seu entorno | 8. Conforto higrotérmico |
| 2. Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos | 9. Conforto acústico |
| 3. Canteiro de obras com baixo impacto ambiental | 10. Conforto visual |
| | 11. Conforto olfativo |
| ECO-GESTÃO | SAÚDE |
| 4. Gestão da energia | 12. Qualidade sanitária dos ambientes |
| 5. Gestão da água | 13. Qualidade sanitária do ar |
| 6. Gestão dos resíduos de uso e operação do edifício | 14. Qualidade sanitária da água |
| 7. Manutenção - Permanência do desempenho ambiental | |

Fonte: Elaboração própria baseada no Referencial técnico Processo AQUA.

A razão para ter escolhido a “Família” Eco-construção foi a orientação do estudo de materiais não-convencionais de baixo impacto ambiental.

Quadro 2 - Família, categoria e subcategoria do Processo AQUA



Fonte: Adaptado do Referencial Técnico de Certificação do Processo AQUA (FCAV, 2010, p. 15).

4.1 Categoria Sub-Processo AQUA 2.3: seleção de materiais de construção

Trata-se da subcategoria dos impactos sociais e ambientais na construção civil. De acordo com o Referencial Técnico de Certificação do Processo AQUA, materiais de construção são geralmente escolhidos de acordo com os critérios tradicionais, tais como: adequação da sua utilização, qualidade técnica e redução de custos. Esta Subcategoria abrange um novo critério que deve ser considerado para a escolha dos materiais: suas características ambientais.

Quadro 3 - Seleção de materiais - categoria Sub-2.3

| 2.3 Escolha dos produtos de construção a fim de limitar os impactos socioambientais na construção | |
|---|--|
| Preocupação | Indicador |
| 2.3.1 Conhecer a contribuição dos produtos de construção nos impactos ambientais da construção | Conhecimento das características ambientais dos produtos de construção, especialmente aquelas relacionadas à emissão de gases contribuintes para o efeito estufa (mudança climática), à geração de resíduos, à possibilidade de reuso / reciclagem de materiais, ao uso de recursos renováveis e ao esgotamento de recursos naturais |
| 2.3.2 Escolher os produtos de construção de forma a limitar sua contribuição aos impactos ambientais da construção | Escolhas que contribuam para a diminuição da emissão de gases do efeito estufa (mudança climática), diminuição dos resíduos dispostos no ambiente, aproveitamento por reuso/reciclagem de materiais, aumento do uso de recursos renováveis, e escolhas que evitem o esgotamento de recursos naturais |
| 2.3.3 Conhecer os fabricantes de produtos que não pratiquem a informalidade na cadeia produtiva | Conhecimento dos fabricantes de produtos que não pratiquem a informalidade na cadeia produtiva: fiscal e trabalhista |
| 2.3.4 Escolher fabricantes de produtos que não pratiquem a informalidade na cadeia produtiva | Escolhas que combatam a informalidade fiscal e trabalhista na cadeia produtiva |

Fonte: Adaptado do Referencial Técnico Processo AQUA (FCAV, 2010, p. 69-72).

4.2 Categoria Sub-Processo AQUA 2.4: seleção de materiais de construção

A Subcategoria 2.4 limita-se às emissões de alguns poluentes que afetam a saúde humana, e diz respeito aos produtos de construção suscetíveis de emitir estes poluentes no ar do interior do edifício conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 - Seleção de materiais - categoria Sub-2.4

| 2.4 Escolha dos produtos de construção a fim de limitar os impactos da construção à saúde humana | |
|---|---|
| Preocupação | Indicador |
| 2.4.1. Conhecer os impactos à qualidade do ar interior e à saúde humana dos produtos de construção | Conhecimento das características dos produtos de revestimentos interiores do ponto de vista das emissões de poluentes nocivos à saúde humana |
| 2.4.2 Escolher os produtos de construção de modo a limitar os impactos da construção à qualidade do ar interior e à saúde humana | Consideração dos aspectos sanitários (do ponto de vista das emissões de poluentes nocivos à saúde humana) nas escolhas dos produtos de revestimentos interiores |

Fonte: Adaptado do Referencial Técnico Processo AQUA (FCAV, 2010, p. 74-75).

A avaliação do cumprimento dos critérios do Referencial Técnico Processo AQUA é feito através de auditorias, incluindo a análise técnica. Os certificados são dados pela Fundação Carlos Alberto Vanzolini (FCAV), se os critérios forem atendidos.

A Categoria 2 Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos interage com as outras categorias na medida em que as escolhas de produtos, sistemas e processos construtivos condicionam o desempenho das mesmas. Os tópicos abaixo devem ser levados em consideração na escolha dos materiais e tecnologias:

- A escolha de produtos em função dos recursos materiais locais, impactos ambientais dos produtos julgados em função da sensibilidade do local do empreendimento (presença de um lençol freático, por exemplo);
- Escolhas de produtos e processos com baixos impactos ambientais e sanitários durante a execução da obra;
- Desempenho energético dos produtos;
- Escolhas dos equipamentos econômicos no uso da água cujas características são verificadas (por exemplo, conformidade aos PSQ correspondentes);
- Escolhas de produtos de fácil conservação, e escolhas de produtos com baixos impactos ambientais e sanitários durante a vida útil, fase do ciclo de vida que inclui conservação/manutenção;
- Desempenho higrotérmico dos produtos;
- Desempenho acústico dos produtos;
- Desempenho "visual" dos produtos;
- Escolhas de produtos com baixas emissões de odores;
- Escolhas de produtos que favoreçam boas condições de higiene;
- Escolhas de produtos com baixas emissões de poluentes para o ar;
- Escolhas de produtos duráveis e com baixos impactos sanitários durante a vida útil (que não liberem poluentes na água).

No próximo capítulo, são atendidas algumas dessas exigências para a especificação de materiais e tecnologias-não convencionais para a construção do Campus de Invexologia em Foz do Iguaçu-PR.

Capítulo 5. Análise comparativa do uso de materiais e tecnologias convencionais e não-convencionais

No Brasil, há uma falta de dados e especificação de materiais e tecnologias não-convencionais (NOCMAT), necessitando de estudos aprofundados. No entanto, há um interesse crescente na utilização de materiais e métodos relativos à avaliação ambiental de edifícios com vista a uma construção sustentável.

Uma das etapas essenciais no momento da elaboração de um projeto arquitetônico sustentável diz respeito à correta seleção de materiais. Nesse sentido, CROWTHER (1995), menciona que um dos aspectos mais difíceis do projeto ambientalmente responsável é encontrar os materiais mais adequados e produtos disponíveis que ajudem a sustentar a qualidade de vida do planeta e do homem.

Outra questão fundamental é que em nosso país falta uma conscientização maior por parte dos arquitetos, que muitas vezes desconhecem o processo de produção de materiais. Jobim (2002) levanta que, geralmente, o processo de produção dos materiais, suas características gerais, vida útil, qualidade ambiental, uso eficiente dos recursos naturais e desperdícios, entre outros, são, possivelmente, desconhecidos por quem especifica, ocorrendo que o projetista de arquitetura acredita, muitas vezes, ser responsável apenas por definir a forma e estética dos materiais.

Del Carlo (1999 *apud* DEL CARLO *et al.*, 2002) levanta que a especificação de materiais com menor impacto ambiental é a maneira mais indicada dos arquitetos começarem a incorporar elementos de sustentabilidade nas edificações.

A correta escolha dos materiais a serem utilizados na obra deve se dar de forma consciente considerando-se a distância de sua fabricação, o desempenho térmico, acústico, o custo, a facilidade de operação e de manutenção, fazendo com que o projeto seja mais integrado ao local em que está implantado, com menos impacto ao ambiente (DEL CARLO *et al.*, 2002).

Diversas empresas brasileiras já estão comercializando materiais e tecnologias não-convencionais.

Para a especificação de materiais, será utilizada neste trabalho a classificação proposta por Del Carlo *et al.* (2002), que divide os materiais de construção em três grandes grupos:

1. Materiais Orgânicos.
2. Materiais Cerâmicos.
3. Materiais Metálicos.

Além dessa classificação são apresentados os materiais de acabamento bem como tecnologias não-convencionais.

5.1 Materiais orgânicos

De acordo com Del Carlo *et al.* (2002) os materiais orgânicos são aqueles com base em carbono, e englobam nessa classificação as madeiras, tanto serradas como com processamento industrial, e os plásticos.

Segundo o site Ambiente Brasil (2000), o consumo de madeira no país, em 1998, foi de 204 milhões de m³ sendo 33% deste total correspondente a madeira nativa e o restante a madeira de reflorestamento. O consumo de madeira industrial em toras, no Brasil, em 2000, foi de 166 milhões de m³ sendo 61% deste montante proveniente de florestas plantadas e 39% de florestas nativas (SBS, 2004).

Segundo o “The Sustainable Design Resource Guide 32” (DENVER AIA, 2006) a madeira possui diversas vantagens ambientais por ser um material natural, renovável e com baixíssimo nível de energia embutida. Por ser renovável, possui também a vantagem de poder ser desenvolvida de forma sustentável, mesmo não sendo essa uma prática constante.

A madeira serrada é a que possui as maiores vantagens ambientais, pois tem alta eficiência quanto à energia embutida e, ainda, funciona como fonte de resgate de CO² (KRONKA, 2000 *apud* DEL CARLO *et al.*, 2002).

A utilização de madeiras de demolição é uma alternativa favorável uma vez que não é necessário desmatar florestas para obter a matéria-prima.

Outra maneira que tem sido utilizada no Brasil para garantia de que a madeira é certificada como sustentável são os sistemas da *Forest Stewardship Council* (FSC) e o Sistema de Certificação Florestal Brasileiro do INMETRO – Instituto Nacional de

Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Cerflor). Dados do FSC (2005) indicam o crescimento significativo do número de empresas certificadas com produção potencialmente vinculada à construção.

Um material orgânico ainda pouco utilizado em construções no Brasil é o Bambu. Há estudos que confirmam que o bambu poderá ocupar um lugar de destaque entre os materiais de construção e engenharia, desde que sejam estudadas e conhecidas adequadamente suas características básicas.

Sendo o Brasil, dono de extensas reservas naturais, localizadas em áreas tropicais e subtropicais, pode, portanto obter uma boa economia de recursos com a utilização do bambu na construção civil.

As vantagens do Bambu sobre os materiais convencionais são de ordem econômica (menor custo por metro quadrado), ecológica (matéria-prima renovável, de fácil cultivo e rápido crescimento. Exige menor utilização de materiais poluentes ou não-renováveis, como cimento e ferro), funcional (estrutura, paredes, telhado, móveis e objetos diversos podem ser feitos apenas ou à base de bambu) e mesmo estética (o material natural garante conforto e acolhimento únicos).

Se comparado com a madeira, o bambu se mostra muito mais eficiente. Ele apresenta uma resistência muito maior e atinge seu tamanho ideal para o corte muito mais rápido.

O bambu é um material que substitui com vantagem a madeira em várias aplicações. Isso se justifica pelo fato de ser o bambu ser um material com manejo de corte e de transporte, muito mais barato que o de uma árvore. Sendo a árvore pesada, isso encarece muito as etapas de movimentação e transporte das toras. Dessa forma, muitos produtores ficam excluídos do processo de beneficiamento e utilização da árvore. Porém como o bambu é muito mais leve, os produtores podem facilmente cortá-lo e transportá-lo, incluindo-se assim no processo de utilização e valorização deste recurso florestal.

O decréscimo da quantidade e qualidade dos recursos florestais tem aumentado o interesse pela busca de materiais renováveis e de baixo custo, como é o caso do bambu.

Segue abaixo a Figura 6 de uma espécie de bambu muito utilizada na construção civil:



Figura 6 - *Guadua angustifolia*

Fonte: Fotos de Robert Saporito, do capítulo da Flórida e Caribe da ABS.

Por ser um elemento disponível na natureza, essa espécie de gramínea apresenta diversas vantagens para a sua aplicação em substituição aos materiais convencionais. O bambu apresenta inúmeras vantagens, tais como:

- Baixa energia de produção se comparada a outros materiais como aço, concreto e madeira, resultando em baixo custo.
- Grande produtividade por bambuzal.
- Baixo peso específico, o que reduz o custo do transporte.
- Forma tabular acabada, estruturalmente estável e com diversas aplicações construtivas, inclusive tubos hidráulicos.
- Resistência mecânica compatível com os esforços desejáveis em estruturas adequadamente dimensionadas.
- Vida útil dentro das expectativas normais dos materiais convencionais, relativamente às condições ambientais onde é utilizado, seja ao ar livre ou envolvidos por outros materiais.
- Rapidez de crescimento, disponibilidade em várias regiões, grande número de gêneros e espécies, facilidade de corte e de transporte, possibilidade de

combinação com outros materiais, alta resistência à tração, aproveitamento total sem presença de resíduos.

De acordo com estudos realizados, esse material tem resistência suficiente para ser utilizado na fabricação das estruturas de concreto. Uma das principais vantagens do uso do bambu é a economia. Pelos cálculos de Ghavami (2002), a utilização do bambu na construção civil pode reduzir em mais de 30% o custo final da construção. Citando um exemplo, a fabricação de um tubo de aço consome 50 vezes mais energia do que um de bambu com as mesmas proporções.

5.2 Materiais cerâmicos

Os principais materiais construtivos deste grupo são: o tijolo de barro, pedras (pisos, fachadas), revestimento cerâmico (pisos, paredes e fachadas), cimento e vidro.

Lawson (1996 *apud* Del Carlo *et al.*, 2002), afirma que, dentre os materiais construtivos, o cerâmico é o que requer menor processo de industrialização para chegar até a obra.

Existem dois tipos de blocos cerâmicos, os fabricados com terra crua, e os queimados. Os tijolos queimados são mais resistentes e duráveis, porém, precisam de altos níveis de energia para serem fabricados, sendo mais poluentes. Esse é o tijolo convencional utilizado em grande parte das construções. O BTC (Bloco de terra comprimida) possui a vantagem de não ser poluente por não passarem pelo processo de queima, mas apresentam menor durabilidade.

O tijolo de solo-cimento - BTC (bloco de terra comprimida) é também chamado de tijolo ecológico (Figuras 7 e 8). Diversas são as vantagens do uso do BTC na construção:

- Em sua fabricação não é usada qualquer fonte de energia proveniente de degradação do ambiente.
- Não são gerados efluentes que venham a causar dano ao meio ambiente.
- O custo final da obra pode ser reduzindo em cerca de 20%.
- Economia de até 50% no custo final da parede.

- Redução de cerca de 50% no tempo da construção.
- Redução substancial no desperdício de material, especialmente concreto e massa de assentamento.
- Durabilidade muito maior que qualquer outro tipo de alvenaria.
- Não requer massa no assentamento dos tijolos.
- Menor peso: economia na fundação.
- Usa apenas impermeabilizante no acabamento.
- Assentamento de azulejos diretamente sobre os tijolos.
- Aceita aplicação de reboco, pintura, gesso, grafiato, diretamente sobre o tijolo.



Figura 7 - Muro construído com BTC

Fonte: www.tijol-eco.com.br



Figura 8 - Paletização de BTCs

Fonte: www.tijol-eco.com.br

Outro material cerâmico muito utilizado nas obras é o cimento. Segundo Wilson (2006), o cimento é um material que demanda uma quantidade considerável de energia para sua produção e ainda libera grandes quantidades de CO² na atmosfera.

A produção mundial de cimento portland é responsável por aproximadamente 6% de todas as emissões antropogênicas de CO². Em países em desenvolvimento esta fração pode alcançar 10% (JOHN, 2004).

O Referencial técnico Edifícios Escolares – Processo AQUA, tem os seguintes critérios relacionados ao uso do cimento: o conhecimento das características ambientais da fabricação e utilização dos diversos tipos de cimentos; a identificação dos fabricantes de concretos usinados e de pré-moldados fabricados com cimentos CP III ou CP IV, de acordo com a disponibilidade do tipo de cimento no mercado local da obra; o uso do cimento CP III ou CP IV, bem como uso de concretos moldados *in loco*, usinados e pré-

moldados fabricados com estes cimentos, de acordo com a disponibilidade do tipo de cimento no mercado local da obra.

O intenso consumo de energia durante o processo de fabricação de cimento motivou mundialmente a busca, pelo setor, de medidas para diminuição do consumo energético. Uma das alternativas de sucesso foi o uso de escórias granuladas de alto-forno e materiais pozolânicos na composição dos chamados cimentos portland de alto-forno e pozolânicos, respectivamente. Nos dias atuais 18% de todo o cimento consumido no Brasil é do tipo CP III e a tendência futura é que esse percentual, tanto para o CP III, com 18% e para o CP IV, com 12%, cresça ano a ano, pois além das características especiais e o uso para toda e qualquer obra, ambos são cimentos ecologicamente corretos, pelo menor uso de clínquer e, conseqüentemente, menor emissão de CO₂ e preservação das jazidas.

Uma observação interessante que é importante levar em consideração ao realizar a escolha de um material é procurar fazer a combinação com os outros materiais, de modo que se economizem recursos financeiros e materiais. Um bom exemplo que ilustra essa situação, é que se for utilizado na obra o tijolo BTC (Bloco de Terra Comprimida), não é necessário embolsar as paredes, além de proporcionarem uma beleza na construção. Portanto, a escolha de um material buscando minimizar a utilização de outro é um aspecto relevante no momento da especificação.

5.3 Materiais metálicos

O aço, alumínio, cobre, zinco e chumbo representam os materiais metálicos. A utilização destes conquistou um espaço significativo na arquitetura após a Revolução Industrial, a partir da qual os materiais como ferro e aço passaram a ser produzidos em larga escala (DEL CARLO *et al.*, 2002).

Hoje é possível observar no Brasil o crescimento significativo, nos últimos anos, das edificações sendo construídas com estruturas metálicas. Roaf (2006), afirma que esse é um grupo de materiais com alta energia incorporada e que seu processo de produção resulta de degradação ambiental local com seus resíduos.

Vilaça (2004) afirma que “as estruturas em aço, particularmente as treliçadas (Figura 9), permitem vencer grandes vãos com pouco material”. Esse é outro aspecto

fundamental que deve ser considerado no momento da especificação, ou seja, o material pode ter um impacto ambiental alto, porém, sua utilização na obra compensa tanto em termos de tempo e quantidade de material, caso fosse utilizado outro.



Figura 9 - Estrutura metálica

Fonte: <http://www.awgmudancas.com/JUSCELO/10.html>

Algumas vantagens da construção de edifícios com estruturas metálicas são:

- Obra seca.
- Simplificação do canteiro.
- Leveza estrutural.
- Sistemas mais econômicos.
- Maior velocidade na construção.
- Facilidade de uso de materiais complementares pré-fabricados (painéis, forros entre outros).
- Pouco uso de materiais tais como: aço, parafusos, eletrodos.

5.4 Materiais de acabamento

5.4.1 Vidro Low-e baixo emissivo

Os vidros *low-e* (*low emissivity glass*) são vidros baixo emissivos que impedem a transferência térmica entre dois ambientes (Figura 10). Através de uma fina camada de óxido metálico aplicada em uma das faces do vidro, os raios solares são filtrados, o que

intensifica o controle da transferência de temperaturas entre ambientes, sem impedir a transmissão luminosa.



Figura 10 - Edifício São Luís Gonzaga, de Edison Musa, em São Paulo

Fonte: www.arcoweb.com.br

Suas principais vantagens que o classificam como um excelente material para diversos tipos de edificações são:

- Desempenho energético que reflete para fora principalmente as radiações no espectro do infravermelho próximo e distante.
- Transparente, com um leve tom esverdeado ou azulado, o *low-e* de controle solar é um importante aliado da estética das fachadas, pois auxilia no controle solar sem criar o indesejável efeito espelho.
- Sua refletividade externa fica entre 8% e 10% e sua transmissão luminosa, entre 70% e 80%.

5.4.2 Drywall

Uma das questões fundamentais que uma Construção sustentável deve tentar alcançar é reduzir o uso de materiais da alvenaria tradicional como: tijolos, pedras, argamassa, dentre outros, pois são materiais que causam grande impacto ambiental.

O sistema de construção a seco “drywall” é um sistema industrializado de finas chapas metálicas aparafusadas a placas de gesso.

Diversas vantagens são oferecidas por este material, a saber:

- Não necessita do uso da água para sua instalação.

- Permite a criação de ambientes internos modulares.
- Substitui as paredes de alvenaria o que reduz a produção de entulho na obra.
- É muito leve o que facilita o transporte e a instalação.
- Rapidez e limpeza na montagem.
- Isolamento de ruídos.
- Ganho de área útil, pois as paredes ocupam menos espaço do que os tijolos.
- Reformas fáceis.

Pelos próximos anos uma forte tendência da construção civil é ter processos cada vez mais industrializados, de acoplagem, como o drywall.

5.4.3 Tinta Mineral Natural ou ecológica a base de Terra Crua

As tintas minerais naturais (Figura 11) são à base de água e terra. Desse modo não impermeabilizam, permitindo que a parede respire ao contrário de outras tintas industrializadas. Podem ser utilizadas para o revestimento de paredes como pintura e texturização. Roaf (2006) atenta que se devem evitar tintas que contenham solventes, álcool, metais pesados como o chumbo ou mercúrio, ou formaldeído.

Vantagens do uso da tinta natural na construção:

- Controle de umidade na casa, promovendo um ambiente saudável e livre de eliminação de gases organo-clorados, dos fungos e do mofo.
- É um material de alta resistência ao tempo que aceita infiltração, lavagem e não desbota, uma vez que seu pigmento é natural.
- As jazidas de extração são certificadas e, na transformação em produto final, não há emissões tóxicas, usa-se processo físico sem auxílio de meio químico, com baixo uso de energia. O resíduo produzido não polui o meio ambiente e completa seu ciclo de vida retornando a terra em curto prazo.
- Durável interna e externamente.
- Não descasca com a umidade.
- É um produto natural.

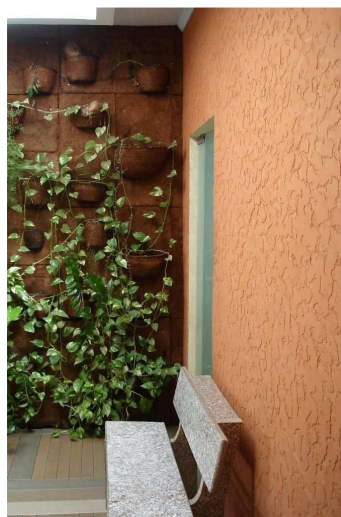


Figura 11 - Showroom EcoCasa

Fonte: www.ecocasa.com.br

Tinta Mineral, Jardim Vertical, Deck de Madeira Plástica e Iluminação Natural

5.4.4 Telha ecológica

As “Telhas leve” (Figura 12) são telhas ecológicas produzidas a partir da injeção de uma blenda de Resinas Poliméricas com Carbonato de Cálcio (CaCO_3). O resultado é um produto moderno e de extrema leveza – 5,8/m², livre das porosidades que normalmente se “enraízam sujeiras” nas telhas tradicionais com as de cerâmica e amianto.

Seguem abaixo as vantagens de seu uso:

- Não ressecam e nem trincam, pois sua resina resiste às variações térmicas.
- Independente da espessura da madeira ou do metalon, ficam bem adaptadas em qualquer dimensão ou tipo de estrutura.
- Pesam menos de 6 kg por m². Isso corresponde a aproximadamente 10 vezes menos que as telhas de barro.
- Sua fixação é feita através de abraçadeiras de nylon especiais que prendem a telha na estrutura, portanto não se deslocam mesmo com ventos fortes.
- Impedem a ação de limo, fungos e resiste a chuvas de granizo de pequena proporção.
- Utiliza menos de 1/3 do material que você utilizaria para sustentar telhas de barro além da rapidez na mão-de-obra.



Figura 12 - Casa da Autora. Cobertura com Telha Leve

Fonte: <http://www.telhasleve.com.br/interna.php?pagina=informacoes>

5.5 Tecnologias não-convencionais

5.5.1 Energia Fotovoltaica

O principal objetivo dos painéis fotovoltaicos é gerar energia elétrica a partir da energia renovável do sol. As matrizes de células solares são associadas de forma a produzir a tensão desejada pelo efeito fotoelétrico. Após a captação da energia solar esta se transforma em energia elétrica para consumo. Além disso, também pode ser usado para o bombeamento de água.

Segue abaixo dois esquemas que ilustram o modo como funciona o sistema (Figura 13).

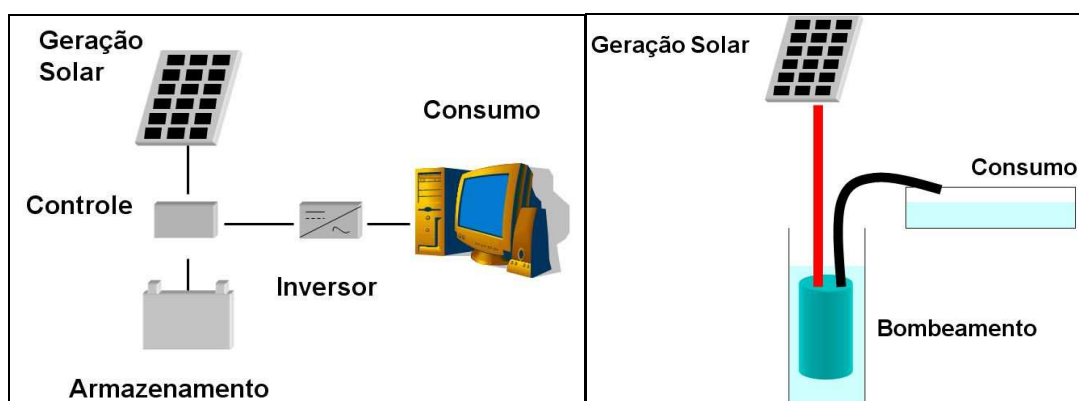


Figura 13 - Sistema fotovoltaico

Fonte: <http://www.ecocasa.com.br/produtos.asp?it=599743>

Algumas vantagens do uso de painéis fotovoltaicos (Figura 14) para a geração de energia elétrica são apresentadas, a saber:

- Confiáveis, fontes inesgotáveis e gratuitas.
- Energia limpa, sem poluição ou qualquer resíduo.
- Alta qualidade, sem harmônicas e sem ruídos.



Figura 14 - Casa com módulo solar fotovoltaico

Fonte: <http://www.ecocasa.com.br/produtos.asp?it=599743>

5.5.2 Cascaje

As cascajes são peças pré-moldadas usadas como teto ou laje e foram desenvolvidas no TIBÁ (Tecnologia Intuitiva e Bio-arquitetura).

São feitas de plasto (uma mistura de cimento, areia e sacos plásticos reutilizados) e um mínimo de ferro. Por isso, são bem mais baratas que as lajes de concreto armado.

Sua forma, além de ser muito resistente, é também visualmente mais agradável que as lajes. Esta mesma técnica pode ser utilizada para fazer tampos, bancos, cisternas e outros.

Abaixo é mostrada a Figura 15 do cascaje (ambiente externo e interno):



Figura 15 – Cascaje (ambiente interno e externo)

Fonte: Foto da própria autora. Tibá, 2010.

5.5.3 Superadobe

A construção é simples, bastando que a terra local, umedecida, seja colocada em sacos de polipropileno e então socada (com o auxílio de um socador) em fiadas com até 20 cm de altura e recebe vários tipos de acabamento como mosaicos cerâmicos (Figura 16). As vantagens do Superadobe são:

- Rapidez na conclusão da construção.
- Grande resistência, suportando esforços variados.
- Conforto térmico em dias quentes e frios.
- Custo baixo.
- Qualquer tipo de solo serve.



Figura 16 - Banco da área externa feito de Superadobe

Fonte: www.johnnymilton.com

5.5.4 Solardome (Cúpula solar)

SOLARDOME® são estufas produzidas no Reino Unido que podem ser utilizadas para uma vasta gama de aplicações em todos os mercados doméstico, comercial e educação. Único, versátil, seguro, ecológico, de longa duração e requerem virtualmente nenhuma manutenção (Figura 17).

São benefícios de um SOLARDOME®:

- Excelente distribuição de ar.
- A forma multifacetada não permite, áreas de ar estagnado. Sem arestas e cantos para abrigar germes.
- Devido ao melhor fluxo de ar dentro da cúpula, a temperatura é mais uniforme do que em uma sala convencional.
- O volume de ar na cúpula é muito menor do que um quarto tradicional, pois ele leva calor substancialmente menor para mantê-lo aquecido no inverno, economizando em média 40%.
- Livre de Manutenção.
- Melhor qualidade de materiais não corrosivos significa que não há manutenção periódica necessária.
- Ganho Máximo Solar.
- Iluminação natural - 97% das transferências de luz para a cúpula devido à moldura fina.
- Projetado para Automontagem e as fundações não são necessárias.



Figura 17 - Foto de um Solardome
Fonte: <http://www.solardome.co.uk>

5.5.5 Aproveitamento de água da chuva

O principal objetivo de se utilizar na obra um sistema para a captação de água da chuva é economizar água. Será apresentado um sistema interessante da Ecocasa com este propósito.

O sistema proposto pela Ecocasa é a utilização do telhado e calhas como captadores da água de chuva, que é dirigida para um filtro, autolimpante que remove detritos, e levada para uma cisterna (reservatório de água subterrâneo ou externo). Para evitar que a sedimentação do fundo da cisterna se misture com a água, esta é canalizada até o fundo, e por meio de um freio d'água ela brota para cima sem causar turbulência na base. Estocada ao abrigo da luz e do calor, a água armazenada se mantém livre de bactérias e algas durante um longo período, diversos meses. Segue abaixo a Figura 18 que ilustra o sistema:

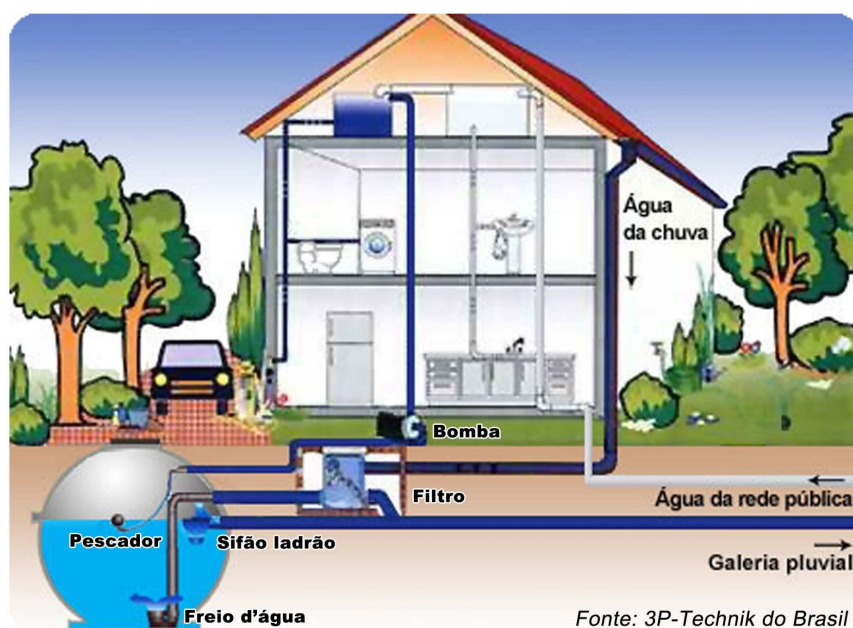


Figura 18 - Sistema de aproveitamento de água da chuva
Fonte: www.ecocasa.com.br

Normalmente a água da chuva captada é utilizada em bacias sanitárias e mictórios, para irrigação de jardins, limpeza de pavimentos, dentre outros. O princípio é captar água de chuva antes que chegue ao solo ou locais com trânsito de pessoas, animais e veículos, para evitar sua contaminação.

5.5.6 Teto verde

A cobertura vegetal sobre a laje ou o telhado tem diversas vantagens que uma cobertura com telhas convencionais não proporciona (Figura 19):

- Garante o conforto térmico dos ambientes internos, devido à alta inércia térmica promovida por este tipo de cobertura.
- Possui a capacidade de reduzir a temperatura local dos centros urbanos.
- Aumentar o conteúdo de oxigênio e umidade do ar.
- Diminuir a poluição sonora.
- As plantas absorvem pó e poluentes, melhorando a qualidade do ar em toda a área.
- Qualidade estética.
- Filtragem da água de chuva (retém metais pesados e químicos dissolvidos).
- Aumento da área de lazer.
- Não atrai insetos e animais indesejados.



Figura 19 - Casa com teto verde

Fonte: <http://studiopixels.blogspot.com>

A água da chuva que cai no telhado da edificação poderá ser captada, armazenada, e reaproveitada no próprio edifício para usos não potáveis.

5.5.7 Tratamento biológico de esgoto

O tratamento biológico de esgoto no local onde é gerado é transformado em água tratada e desinfetada, que pode ser devolvida sem risco ao ambiente ou reaproveitada, economizando água potável para fins mais nobres.

A empresa Mizumo fabrica os módulos compactos que tem garantia (em contrato) de remoção de DBO (demanda bioquímica de oxigênio) acima de 90%; proporciona a eliminação de patogênicos em até 100%; remove 50% de nitrogênio e fósforo; tem baixa turgidez e ausência de odor e permite a reutilização da água para diversos fins (Figura 20).

Outras vantagens do sistema incluem:

- Possui excelente aspecto visual.
- Agrega valor ao empreendimento.
- Provê instalação simples, rápida e barata.
- Requer um mínimo de obra civil.
- Pode ser instalado abaixo da superfície, deixando área livre para estacionamento, playground ou outras finalidades.
- Economiza a água potável e muitos outros recursos.
- Evita os danos ambientais do esgoto.



Figura 20 - Sistema de tratamento de esgoto Mizumo

Fonte: <http://www.mizumo.com.br/site/site.asp?w=780&h=580>

Alguns materiais e tecnologias não-convencionais foram apresentados como sugestão para a construção do Campus de Invexologia. Síntese, conclusões e recomendações são descritas no próximo capítulo.

6. Síntese, conclusões e recomendações

Ao longo do estudo foram propostas diversas alternativas de materiais e tecnologias não-convencionais para a Construção do Campus de Invexologia baseando-se nos critérios propostos pelo Processo AQUA para a correta seleção de materiais, trazendo subsídios à equipe local do projeto para a efetiva gestão e construção de um empreendimento sustentável.

Apesar da utilização de materiais convencionais ainda ocuparem maior espaço nos projetos de construção de edificações no Brasil, este cenário está aos poucos se modificando devido a todos os fatores e potenciais identificados no desenvolvimento deste estudo.

Buscar um aprofundamento desta temática é de extrema relevância para o Brasil. Primeiro, o País dispõe de recursos naturais abundantes, porém, a maior parte dos recursos extraídos da natureza são não-renováveis. Segundo, os materiais com baixo impacto ambiental ainda são pouco utilizados na construção civil. Terceiro, verifica-se a tendência de crescimento dos métodos de avaliação ambiental de edifícios, visando contribuir para a elaboração de soluções alternativas, objetivando uma construção sustentável.

No atual contexto do planeta a busca por soluções alternativas que minimizem o impacto da construção no meio ambiente é fundamental. Porém, tão importante quanto o aspecto ambiental, as dimensões social e econômica também devem ser consideradas em um projeto sustentável.

Eventos de importância global como a Copa de 2014 e as Olimpíadas de 2016, que ocorrerão no Rio de Janeiro, é uma grande oportunidade para o Brasil investir maciçamente em Projetos verdes, na busca por uma sociedade mais sustentável, a exemplo de países de primeiro mundo. Esses eventos serão grandes propulsores para o desenvolvimento sustentável do País.

Outros estudos nesta mesma linha de pesquisa no âmbito acadêmico são de fundamental importância para o desenvolvimento de novos métodos de avaliação ambiental de edifícios, tecnologias e materiais não-convencionais, e novas formas de gestão. Na área de Administração, disciplinas com a temática da sustentabilidade devem ser criadas, além de congressos, seminários e outros eventos que incentivem os jovens, futuros líderes da nação, a buscarem caminhos para um mundo mais igualitário, humano e sustentável, pautados na Cosmoética.

Referências bibliográficas

AGENDA 21 - *Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento*, 1992 - Rio de Janeiro. Brasília: Senado Federal, 1996.

AMBIENTE BRASIL. *Consumo Industrial de Madeira no Brasil*. Curitiba, 2000. Disponível em: www.ambientebrasil.com.br. Acesso em: 25 nov. 2010.

CROWTER, Richard L. *Sustainable Design Resource Guide*. Introduction. Denver AIA Committee on Environment, 1995. Disponível em: <http://www.aiasdrq.org>. Acesso em: 3 dez. 2010.

DEL CARLO, Ualfrido; KRONKA, Roberta. Sustentabilidade e o Material Construtivo: Critérios de escolha de material construtivo com menor impacto ambiental. In: *Cadernos Técnicos – AUT*, São Paulo, n. 9, p. 35-50, 2002.

Denver AIA COMMITTEE ON THE ENVIRONMENT. *Sustainable design resource guide*. Disponível em: www.aiacolorado.org/SDRG/home.htm. Acesso em: 5 ago. 2010.

ECOPLANO. Disponível em: www.ecoplano.com.br >. Acesso em: 10 abr. 2010.

FCAV - Fundação Carlos Alberto Vanzolini. *Processo AQUA – Perguntas & Respostas*. Disponível em: www.vanzolini.org.br/download/pr_aqua.pdf. Acesso em: 10 abr. 2010.

FOREST STEWARDSHIP COUNCIL – Brasil. Disponível em: www.fsc.org.br. Acesso em: 12 set. 2010.

FOSSATI, Michele; ROMAN, Humberto R.; SILVA, Vanessa G. Metodologias para avaliação ambiental de edifícios: uma revisão bibliográfica. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. 4º, Porto Alegre, 2005.

GHAVAMI, K. Desenvolvimento de elementos estruturais utilizando-se bambu. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2002.

GUTIERRES, N. Construção sustentável: uma tendência irreversível. *Banas Qualidade*, São Paulo, n. 220, p. 30-32, ago. 2010.

JOBIM, Margaret S. S.; JOBIM, Helvio F. Gerenciamento sustentável das cadeias de suprimentos e especificação de materiais e componentes na construção civil. Brasil - São Paulo: NUTAU, p. 1508-1517.

JOHN, V. M. On the sustainability of concrete. *UNEP Industry and Environment*, Paris, v. 26, n. 2-3, p. 62-63, apr. 2003. Disponível em: www.uneptie.org/media/review/archives.htm. Acesso em: 29 ago. 2010.

KRONKA, Roberta C. Arquitetura, sustentabilidade e meio ambiente. In: 1º Encontro Nacional, 2º Encontro Latino Americano sobre edificações e comunidades sustentáveis, Canela, 2001. *Anais*. Canela: ANTAC, 2001.

MENDLER, Sandra F.; ODELL, William; LAZARUS, Mary Ann. *The HOK guidebook to sustainable design*. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 2006.

PAVAN, Eduardo. Campus invexológico. *Revista Conscientia*, Foz do Iguaçu, v. 8, n. 3, p. 150-160, jul./set. 2004.

ROAF, Susan. *Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável*. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

SBS – SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. *Estatísticas*: Setor Florestal Brasileiro. 2004. Disponível em: <www.sbs.org.br/estatisticas.htm>. Acesso em: 10 set. 2010.

VERGARA, S. C. *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. 3ª ed., São Paulo: Atlas, 2000.

VIEIRA, Waldo. *700 experimentos da Conscienciologia*. Rio de Janeiro: Instituto Internacional de Projeciologia; 1994.

VILLAÇA, Lúcia V. Materiais de bem com o meio ambiente. *Revista Arquitetura e Construção*, 2004. Disponível em: <www.primateria.com.br>. Acesso em: 13 nov. 2010.

WILSON, Alex. Cement and concrete: environmental considerations. *Environmental Building News*, 1993. Disponível em: <www.buildinggreen.com>. Acesso em: 2 set. 2010.

ZAMBRANO, L. M. de A. *Integração dos Princípios da Sustentabilidade ao Projeto de Arquitetura*. 2008. 380f. Tese (Doutorado em Ciências em Arquitetura) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

Bibliografia complementar

Informações sobre a ASSINVÉXIS – Associação Internacional de Inversão Existencial, disponíveis em: <<http://www.assinvexis.org>>. Acesso em: 27 set. 2010.

Informações sobre BTC – Bloco de terra comprimida. Disponíveis em: <<http://www.tijol-eco.com.br/vantagens.html>>. Acesso em: 13 nov. 2010.

Informações sobre Vidro low-e (baixo-emissivo). Disponíveis em: <http://www.andiv.com.br/vidro_low-e.asp>. Acesso em: 25 nov. 2010.

Informações sobre Estruturas metálicas. Disponíveis em: <<http://www.awgmudancas.com/JUSCELO/10.html>>. Acesso em: 2 dez. 2010.

Informações sobre materiais e tecnologias não-convencionais. Disponível em: <<http://www.ecocasa.com.br>>. Acesso em: 4 dez. 2010.

Informações sobre o TIBÁ – Tecnologia Intuitiva e Bio-Arquitetura. Disponível em: <<http://www.tibarose.com.br>>. Acesso em: 25 nov. 2010.

Informações sobre Telhas Leve. Disponível em: <<http://www.telhasleve.com.br/interna.php?pagina=informacoes>>. Acesso em: 13 nov. 2010.

Informações sobre Solar Dome. Disponível em: <<http://www.solardome.co.uk>>. Acesso em: 23 nov. 2010.

Informações sobre produtos da Mizumo. Disponível em: <<http://www.mizumo.com.br/site/site.asp?w=780&h=580/>>. Acesso em: 4 nov. 2010.

Informações sobre as vantagens do Bambu. Disponível em: <<http://www.a-ponte.org.br>>. Acesso em: 4 dez. 2010.